

**ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SISTEM TENAGA
LISTRIK DI PUSAT PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG
PERTAMINA ASSET IV FIELD CEPU DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ETAP 12.6**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

RIFOI YURID IRSYADILLAH

D400140 034

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SISTEM TENAGA LISTRIK DI PUSAT
PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG PERTAMINA ASSET IV FIELD CEPU
DENGAN MENGGUNAKAN METODE ETAP 12.6**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

RIFQI YURID IRSYADILLAH

D 400 140 034

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Supardi, S.T., M.T

NIK.883

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SISTEM TENAGA LISTRIK DI PUSAT PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG PERTAMINA ASSET IV FIELD CEPU DENGAN MENGGUNAKAN METODE ETAP 12.6

Oleh :

RIFOI YURID IRSYADILLAH

D 400 140 034

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 30 Januari 2018
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, ST. MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Aris Budiman, ST.MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Jatmiko, MT
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 30 Januari 2018

Penulis



RIFIQI YURID IRSYADILLAH

D 400 140 034

ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SISTEM TENAGA LISTRIK DI PUSAT PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG PERTAMINA ASSET IV FIELD CEPU DENGAN MENGGUNAKAN METODE ETAP 12.6

Abstrak

Analisa gangguan hubung singkat sangat penting untuk pemasangan, perencanaan sistem tenaga listrik. hubung singkat ketika penghantar bertegangan akan berhubungan dengan penghantar netral (ground). Gangguan hubung singkat terdiri dari kesimetrisannya, yaitu gangguan simetris dan asimetris. Gangguan simetris terjadi akibat arus dan tegangan yang fasanya bernilai sama, yaitu hubung singkat tiga fasa dan hubung singkat tiga fasa ke tanah. Sedangkan gangguan asimetris terjadi akibat arus mengalir pada tiap fasa tidak seimbang. Hubung singkat ini bisa dicegah atau diamankan dengan pengaman antara lain, CB (Circuit Breaker), *Fuse* dan pengaman lainnya. Pada studi hubung singkat ini sangat penting untuk menganalisa gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Metode yang digunakan untuk menganalisa gangguan hubung singkat yaitu menggunakan metode ETAP 12.6. Software ETAP merupakan aplikasi untuk mensimulasikan gangguan hubung singkat. ETAP 12.6 juga bisa untuk mengetahui nilai maksimal yang terjadi pada gangguan sistem tenaga listrik. Studi analisa hubung singkat dilakukan penentuan titik hubung singkat dari rangkaian listrik. Pemilihan letak gangguan hubung singkat bisa divariasi. Diantaranya ada tiga titik hubung singkat yang akan dianalisa yaitu dekat dengan sumber pembangkit, diantara sumber pembangkit dan dekat dengan beban. Dari hasil simulasi ini menunjukkan arus yang mengalir pada tiga fasa, antar fasa, satu fasa ke tanah, dan dua fasa ke tanah itu berbeda nilainya. Lokasi gangguan sangat mempengaruhi nilai besar arus yang terjadi ketika dekat dengan sumber pembangkit lebih besar.

Kata Kunci : Hubung singkat, ETAP 12.6, Sistem tenaga listrik

Abstract

Analys is of short circuit interruption is very important for the installation, the planning of electric power systems. The occurrence of short circuit when the conductor-voltage will be connected with the neutral conductor (ground). Short circuit interruption consists of to symmetry, that is symmetric and asymmetric disturbances. Symmetrical disorders occur due to currents and voltage phase of the same value, namely a short hyphen three phases and three phases short circuit to ground. While asymmetric disturbances occurred due to current flow in each phase unbalanced. This short circuit can be prevented or secured with a safety among others, CB (Circuit Breaker), Fuse and other safety. Study on short circuit it is very important to analyze the short circuit interruption which occurred in electric power systems. The methods used to analyze the short circuit interruption is ETAP 12.6 method. ETAP is a software application for simulating short circuit interruption. ETAP 12.6 could also be to find out the maximum value that occurs in electric power system disturbances. A brief analysis of the studies done point determination hyphen short of electric circuits. The selection of the location of the short circuit interruption can be variations. Among them there are three point short circuit will be analyzed is close to the source of generation, between the source and the plants close to the load. From the results of this simulation shows the current flow in the three phases, phases, one phase to ground, and two phases to the ground that different value. The location of the interference greatly affect the value of major currents that occur when close to the source of the larger plants.

Keywords : Short Circuit, 12.6, ETAP , Power system

1. PENDAHULUAN

Masyarakat pada saat ini sangat membutuhkan listrik. Bukan masyarakat saja yang membutuhkan listrik, bahkan industri juga sangat membutuhkan listrik. Pada sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa sub sistem yaitu, pembangkit, transmisi dan distribusi. Pada sistem operasi tenaga listrik banyak terjadi gangguan yang berakibat terganggunya penyaluran tenaga listrik menuju konsumen. Studi hubung singkat (*Short Circuit*) merupakan hal yang paling terpenting bagi sistem tenaga listrik untuk sistem perencanaan. Faktor internal dan factor eksternal bisa menyebabkan terjadinya hubung singkat. Faktor internal dari gangguannya ini terjadi akibat peralatan listrik yang rusak. Faktor eksternal terjadi akibat dari cuaca yang buruk seperti gempa bumi, angin puting beliung, petir, runtuhnya pohon yang tumbang, dan lain-lain. Terjadinya hubung singkat ketika penghantar bertegangan akan berhubungan dengan penghantar netral (*ground*).

Gangguan ini meliputi dari gangguan sementara atau permanen. *Circuit Breaker* adalah pengaman yang digunakan untuk mengamankan terjadinya gangguan hubung singkat. Penggunaan *fuse* dan CB dapat dilakukan untuk mengamankan jaringan listrik dari gangguan hubung singkat. Oleh karena itu gangguan ini berdasarkan dari kesimetrisannya. Gangguan ini terdiri dari gangguan simetris dan gangguan asimetris. Gangguan simetris terjadi akibat arus dan tegangan fasanya bernilai yang sama, yaitu hubung singkat tiga fasa dan hubung singkat tiga fasa ke tanah. Sedangkan gangguan asimetris terjadi akibat arus mengalir pada tiap fasa yang tidak seimbang, diantaranya hubung singkat 1 fasa ke tanah, hubung singkat fasa ke fasa dan hubung singkat dua fasa ke tanah. Hampir semua gangguan disebabkan karena hubung langsung. (Youssef, 2016). Istilah dari gangguan identik dengan hubung singkat, sesuai standar ANSI/IEEE Std. 100-1992 (IEEE Std. 100-1992). Pada saat terjadi gangguan pada beberapa bus, impedansi timbal balik nol akan sulit saat melakukan perhitungan dalam arus hubung singkat, cara mengatasi hal tersebut perlu diubah dengan urutan negatif, urutan positif dan urutan nol. (C.Fan, 2015). Rangkaian hubung singkat yang baru akan dikembangkan berdasarkan pada nilai sistem pembangkitan yang harus ditingkatkan.

Studi hubung singkat sangat penting untuk menganalisis gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem tenaga listrik, baik sekarang maupun untuk sistem perencanaan di masa depan dengan menggunakan software ETAP 12.6 (*Electric Transient and Analysis Program*). (L.Nasrat, 2017). ETAP adalah perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik untuk mengetahui nilai-nilai arus dan tegangan maksimal. Studi hubung singkat ini

sangat penting untuk perencanaan, perancangan dan perluasan sistem tenaga listrik. (N.H.Hussain, 2012). Nilai maksimal yang terjadi pada saat hubung singkat dapat diketahui dari data perhitungan yang disimulasikan. Studi hubung singkat yang disimulasikan adalah perhitungan simetri simulasi tiga fasa dengan menggunakan standar IEC.(S.Kamel, 2017).

1.1 Perumusan Masalah

Mengetahui berapa besar nilai arus gangguan hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa dan dua fasa ke tanah pada pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan analisa gangguan hubung singkat ini untuk mengetahui nilai-nilai arus maksimal hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa dan dua fasa ke tanah pada pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu.

1.3 Manfaat Penelitian

Agar mahasiswa bisa menambah pengetahuan tentang *software* ETAP 12.6 sebagai program simulasi sebuah sistem terutama pada gangguan hubung singkat. Dari hasil analisa gangguan hubung singkat tersebut bisa mengetahui hasil perbandingan antara hitung manual dan hitung menggunakan metode ETAP 12.6 yang digunakan pada sistem tenaga listrik.

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini penulis menggunakan metodologi penulisan sebagai berikut:

1) Studi Literatur

Studi literatur adalah kajian penulis mencari referensi-referensi berupa jurnal, buku, karya ilmiah maupun sumber dari internet yang bersangkutan dengan laporan ini.

2) Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah berupa data-data yang diolah dalam penelitian ini. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi *single line diagram* dan keterangan hubung singkat.

3) Analisa Data

Analisa data merupakan sebuah proses untuk mengetahui data-data yang terkumpul dan diolah menjadi suatu hasil dimana proses ini dapat diketahui sistem masih bisa bekerja dengan baik atau tidak.

4) Perbaikan Perancangan Sistem

Proses perbaikan perancangan sistem adalah proses analisa data pertama yang diambil apakah sudah sesuai dengan standar *IEC* atau belum sesuai untuk dilakukan perbaikan keamanan sistem.

5) Pengujian dan Analisa Data

Pengujian dan analisa data adalah proses pengujian suatu rangkaian dimana rangkaian tersebut akan dipakai untuk bahan pembuatan analisa sistem tenaga. Proses ini adalah tahap terakhir setelah proses perbaikan sistem untuk membandingkan hasil lapangan dengan hasil yang di simulasi dengan ETAP 12.6.

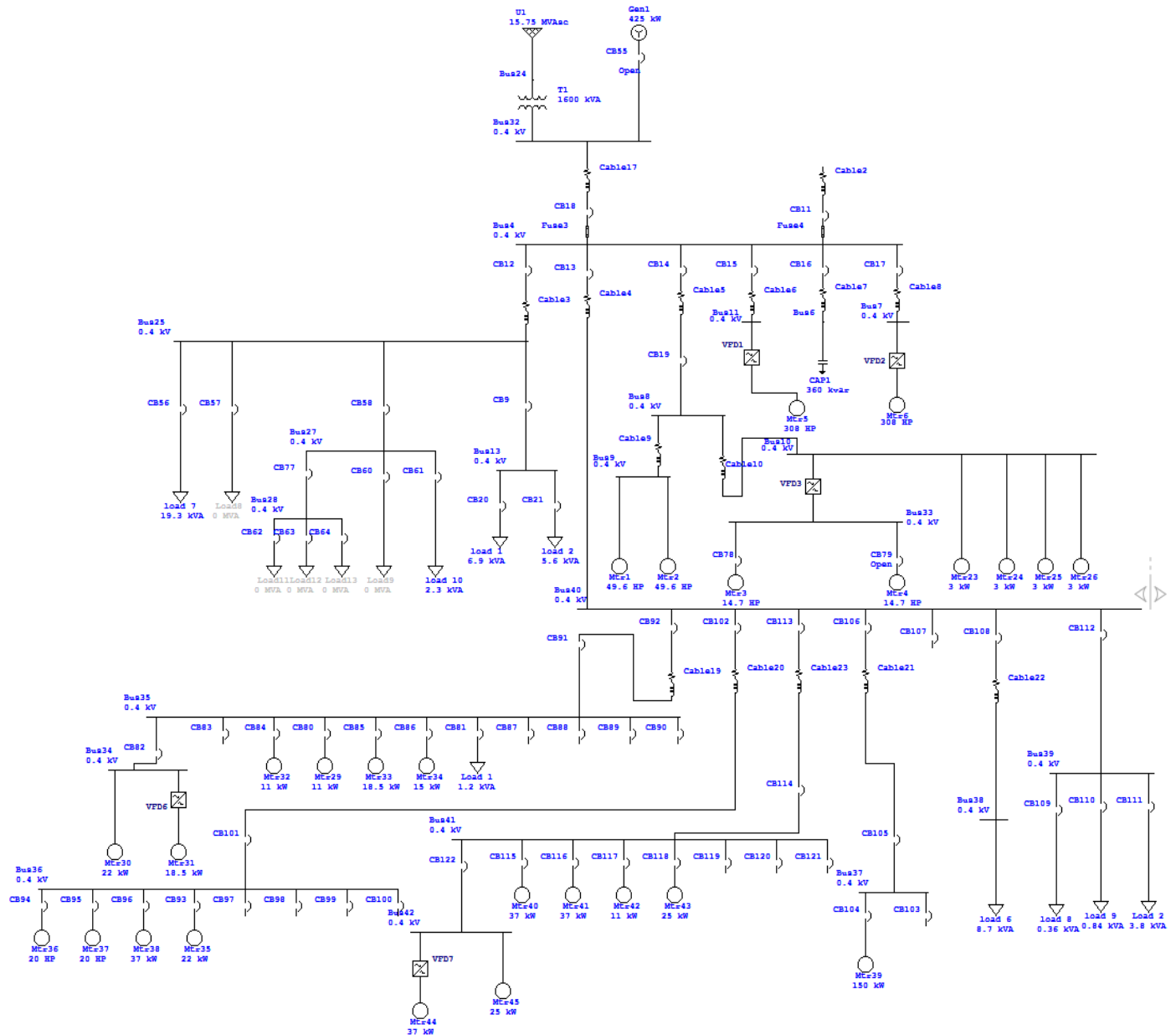
2.2 Peralatan Pendukung Penelitian

Peralatan yang diperlukan untuk penelitian yaitu :

- 1) Seperangkat Personal Komputer atau Laptop untuk mengerjakan laporan tugasakhir ini.
- 2) Software ETAP 12.6 untuk menganalisa hasil dari gangguan hubung singkat yang terjadi agar nilai-nilai dari sistem tersebut diketahui.
- 3) Printer untuk mencetak hasil laporan tugas akhir ini.

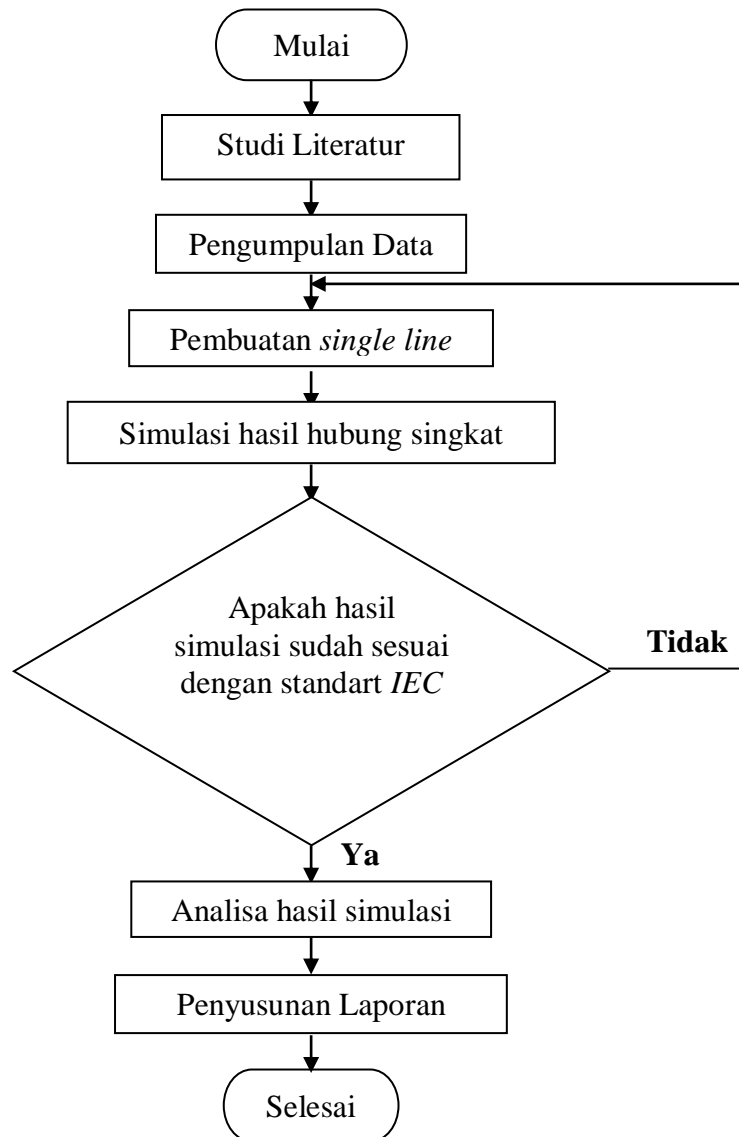
2.3 Gambaran Rangkaian Sistem Tenaga Listrik

Rangkaian *single line diagram* ini diambil datanya untuk dijadikan bahan penelitian tugas akhir. Tempat pengambilan data pada Pusat Penampung Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field Cepu. Tampilan gambar *single line diagram* pada ETAP 12.6 dapat dilihat gambar 1.



Gambar 1. *Single line diagram*

2.4 Flowchart Penelitian

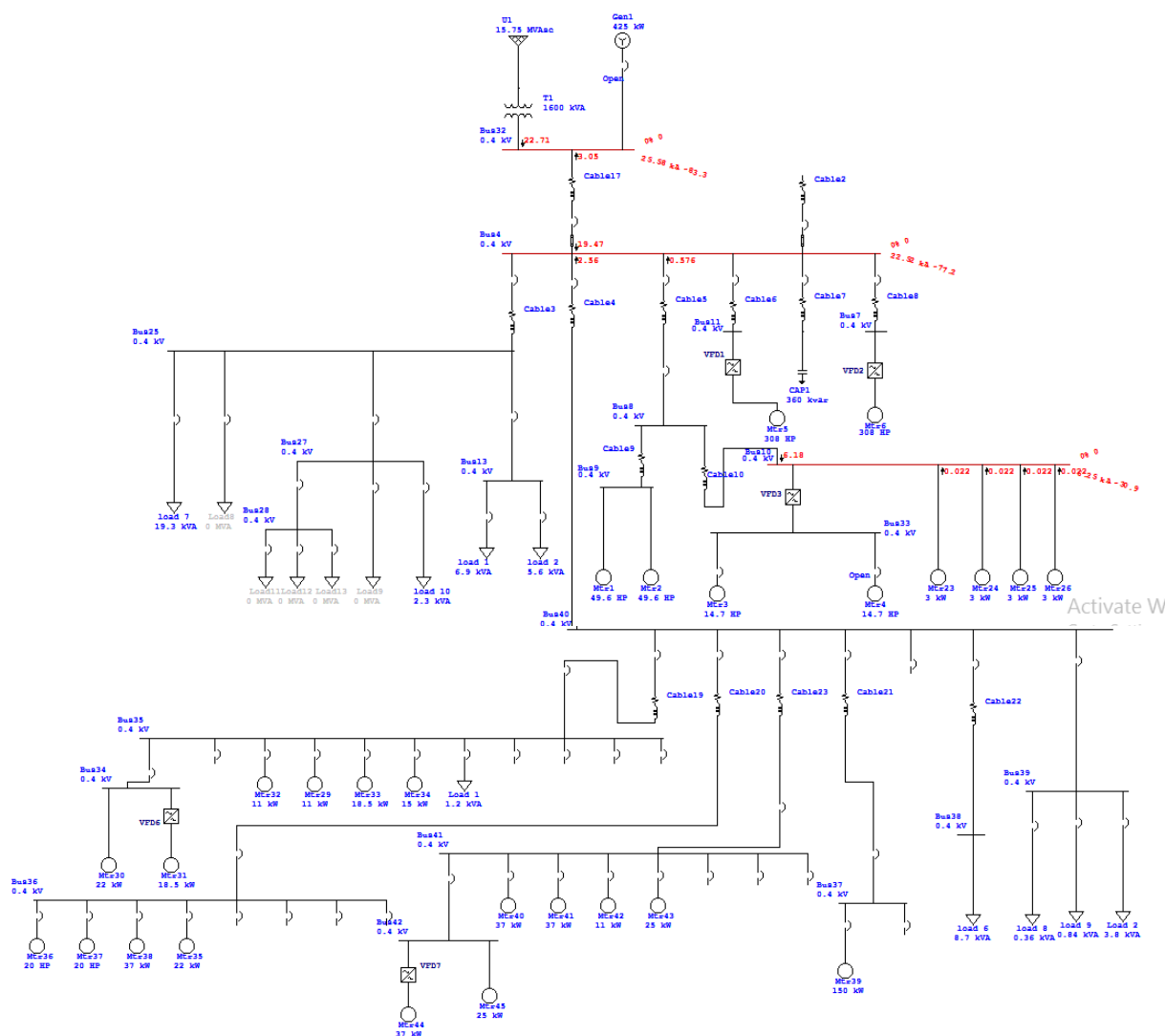


Gambar 2. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Simulasi Gangguan Hubung Singkat

Simulasi gangguan hubung singkat diterapkan pada pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu. Dilakukan penentuan titik hubung singkat pada rangkaian listrik. Pemilihan letak dilakukan dengan menempatkan tiga titik hubung singkat yaitu berada didekat pembangkit, diantara pembangkit dan beban, lalu dekat dengan beban. Hubung singkat yang terletak dekat pembangkit berada pada bus 32, untuk diantara pembangkit dan beban terletak pada bus 4, dan bus 10 terletak dekat dengan beban. Simulasi dilakukan untuk mengetahui besar arus saat terjadi gangguan hubung singkat pada titik tersebut. Simulasi gangguan hubung singkat meliputi gangguan tiga fasa, satu fasabekhtanah, antar fasa dan dua fasa ke tanah.



Gambar 3. Simulasi Single line diagram

3.2 Analisa Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Terjadinya hubung singkat tiga fasa karena ketiga fasa terhubung secara bersamaan. Tujuan simulasi adalah untuk mengetahui nilai arus hubung singkat tiga fasa. *Software* ETAP 12.6 digunakan untuk mensimulasikan rangkaian hubung singkat dengan nilai maksimum pada bus yang mengalami gangguan dihitung setelah 1/2 siklus (*1/2 cycle*). Simulasi dilakukan dengan menempatkan tiga titik gangguan hubung singkat yang berada pada bus 4, bus 10 dan bus 32. Laporan hasil hubung singkat tiga fasa pada bus 4, bus 10 dan bus 32 ditampilkan pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3. Bus 4 terletak diantara pembangkit dan beban dengan besar arus mencapai 22.520 kA, bus 10 dekat dengan beban besar arus mencapai 6.253 kA, sedangkan bus 32 terletak dekat dengan sumber pembangkit dengan besar arus mencapai 25,577 kA. Hasil laporan dari ketiga tabel tersebut yang paling besar arusnya adalah teletak pada bus 32 dengan besar arus 22.577 kA.

Tabel 1. Hasil simulasi arus hubung singkat tiga fasa pada bus 4

Contribution		1/2 Cycle				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	Imag. /Real	kA Symm. Magnitude
Bus4	Total	0.00	4.990	-21.961	4.4	22.520
Bus25	Bus4	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus40	Bus4	26.51	1.135	-2.294	2.0	2.560
Bus8	Bus4	7.60	0.184	-0.546	3.0	0.576
Bus11	Bus4	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus6	Bus4	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus7	Bus4	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus32	Bus4	17.84	3.671	-19.120	5.2	19.470

Tabel 2. Hasil simulasi arus hubung singkat tiga fasa pada bus 10

Contribution		1/2 Cycle				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	Imag. /Real	kA Symm. Magnitude
Bus10	Total	0.00	5.365	-3.211	0.6	6.253
Bus8	Bus10	8.36	5.319	-3.138	0.6	6.175
Mtr23	Bus10	100.00	0.012	-0.018	1.6	0.022
Mtr24	Bus10	100.00	0.012	-0.018	1.6	0.022
Mtr25	Bus10	100.00	0.012	-0.018	1.6	0.022
Mtr26	Bus10	100.00	0.012	-0.018	1.6	0.022

Tabel 3. Hasil simulasi arus hubung singkat tiga fasa pada bus 32

Contribution		1/2 Cycle				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	Imag. /Real	kA Symm. Magnitude
Bus32	Total	0.00	2.991	-25.402	8.5	25.577
Bus4	Bus32	2.79	1.310	-2.753	2.1	3.049
Bus24	Bus32	0.10	1.680	-22.649	13.5	22.711

3.3 Analisa Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa

Terjadinya hubung singkat antar fasa karena fasa dan fasa terhubung secara bersamaan. Tujuan simulasi adalah untuk mengetahui nilai arus hubung singkat antar fasa. *Software* ETAP 12.6 digunakan untuk mensimulasikan rangkaian hubung singkat dengan nilai maksimum pada bus yang mengalami gangguan dihitung setelah 1/2 siklus (*1/2 cycle*). Simulasi dilakukan dengan menempatkan tiga titik gangguan hubung singkat yang berada pada bus 4, bus 10 dan bus 32. Laporan hasil hubung singkat antar fasa pada bus 4, bus 10 dan bus 32 ditampilkan pada tabel 4, tabel 5 dan tabel 6. Bus 4 terletak diantara pembangkit dan beban dengan besar arus mencapai 19.503 kA, bus 10 dekat dengan beban besar arus mencapai 5.415 kA, sedangkan bus 32 teletak dekat dengan sumber pembangkit dengan besar arus mencapai 22.151 kA. Hasil laporan dari ketiga tabel tersebut yang paling besar arusnya adalah teletak pada bus 32 dengan besar arus 22.151 kA.

Tabel 4. Hasil simulasi arus hubung singkat antar fasa pada bus 4

Contribution		Line-To-Line Fault														
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic				
From Bus ID	To Bus ID	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1	I2	I0
Bus4	Total	100.00	0.0	50.00	-180.0	50.00	-180.0	0.000	0.0	19.503	-167.2	19.503	12.8	11.260	11.260	0.000
Bus25	Bus4	100.00	0.0	50.00	-180.0	50.00	-180.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus40	Bus4	100.00	0.0	64.83	-162.3	43.02	152.7	0.000	0.0	2.217	-153.7	2.217	26.3	1.280	1.280	0.000
Bus8	Bus4	100.00	0.0	55.64	-176.3	44.62	175.4	0.000	0.0	0.499	-161.4	0.499	18.6	0.288	0.288	0.000
Bus11	Bus4	100.00	0.0	50.00	-180.0	50.00	-180.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus6	Bus4	100.00	0.0	50.00	-180.0	50.00	-180.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus7	Bus4	100.00	0.0	50.00	-180.0	50.00	-180.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus32	Bus4	100.00	0.0	59.96	-167.6	43.38	162.8	0.000	0.0	16.861	-169.1	16.861	10.9	9.735	9.735	0.000

Tabel 5. Hasil simulasi arus hubung singkat antar fasa pada bus 10

Contribution		Line-To-Line Fault														
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic				
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.			
From Bus ID	To Bus ID	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1	I2	I0
Bus10	Total	100.00	0.0	50.00	-180.0	50.00	-180.0	0.000	0.0	5.415	-120.9	5.415	59.1	3.126	3.126	0.000
Bus8	Bus10	100.00	0.0	53.24	-172.8	47.65	172.0	0.000	0.0	5.348	-120.5	5.348	59.5	3.088	3.088	0.000
Mtr23	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.000	0.0	0.019	-147.4	0.019	32.6	0.011	0.011	0.000
Mtr24	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.000	0.0	0.019	-147.4	0.019	32.6	0.011	0.011	0.000
Mtr25	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.000	0.0	0.019	-147.4	0.019	32.6	0.011	0.011	0.000
Mtr26	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.000	0.0	0.019	-147.4	0.019	32.6	0.011	0.011	0.000

Tabel 6. Hasil simulasi arus hubung singkat antar fasa pada bus 32

Contribution		Line-To-Line Fault														
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)								
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		Sequence Current (kA)		
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1	I2	I0
Bus32	Total	100.00	0.0	50.00	-180.0	50.00	-180.0	0.000	0.0	22.151	-173.3	22.151	6.7	12.789	12.789	0.000
Bus4	Bus32	100.00	0.0	50.84	-177.4	49.26	177.3	0.000	0.0	2.640	-154.6	2.640	25.4	1.524	1.524	0.000
Bus24	Bus32	86.61	0.0	0.10	-97.1	86.60	180.0	0.000	0.0	19.668	-175.8	19.668	4.2	11.355	11.355	0.000

3.4 Analisa Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Terjadinya hubung singkat fasa ke tanah karena fasa terhubung ke tanah secara bersamaan. Tujuan simulasi adalah untuk mengetahui nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah. *Software* ETAP 12.6 digunakan untuk mensimulasikan rangkaian hubung singkat dengan nilai maksimum pada bus yang mengalami gangguan dihitung setelah 1/2 siklus (*1/2 cycle*). Simulasi dilakukan dengan menempatkan tiga titik gangguan hubung singkat yang berada pada bus 4, bus 10 dan bus 32. Laporan hasil hubung singkat satu fasa ke tanah pada bus 4, bus 10 dan bus 32 ditampilkan pada tabel 7, tabel 8 dan tabel 9. Bus 4 terletak diantara pembangkit dan beban dengan besar arus mencapai 27.893 kA, bus 10 dekat dengan beban besar arus mencapai 5.199 kA, sedangkan bus 32 teletak dekat dengan sumber pembangkit dengan besar arus mencapai 38.345 kA. Hasil laporan dari ketiga tabel tersebut yang paling besar arusnya adalah teletak pada bus 32 dengan besar arus 38.345 kA.

Tabel 7. Hasil simulasi arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada bus 4

Contribution		Line-To-Ground Fault														
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic				
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.			
From Bus ID	To Bus ID	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1	I2	I0
Bus4	Total	0.00	0.0	83.57	-108.4	97.53	105.7	27.893	-73.8	0.000	0.0	0.000	0.0	9.298	9.298	9.298
Bus25	Bus4	0.00	0.0	83.57	-108.4	97.53	105.7	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus40	Bus4	21.89	-27.4	82.56	-115.9	105.31	110.0	2.114	-60.3	1.057	119.7	1.057	119.7	1.057	1.057	0.000
Bus8	Bus4	6.27	-53.7	81.80	-110.2	100.47	106.3	0.476	-68.0	0.238	112.0	0.238	112.0	0.238	0.238	0.000
Bus11	Bus4	0.00	0.0	83.57	-108.4	97.53	105.7	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus6	Bus4	0.00	0.0	83.57	-108.4	97.53	105.7	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus7	Bus4	0.00	0.0	83.57	-108.4	97.53	105.7	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus32	Bus4	32.65	-22.1	81.88	-100.7	93.98	99.3	25.371	-75.0	1.293	-61.7	1.293	-61.7	8.038	8.038	9.298

Tabel 8. Hasil simulasi arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada bus 10

Contribution		Line-To-Ground Fault																
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)								Sequence Current (kA)		
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic						
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.					
From Bus ID	To Bus ID													I1	I2	I0		
Bus10	Total	0.00	0.0	105.90	-129.2	113.14	126.3	5.199	-27.7	0.000	0.0	0.000	0.0	1.733	1.733	1.733		
Bus8	Bus10	8.43	-17.9	105.16	-128.5	112.07	125.8	5.156	-27.5	0.024	-54.2	0.024	-54.2	1.711	1.711	1.733		
Mtr23	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.012	-54.2	0.006	125.8	0.006	125.8	0.006	0.006	0.000		
Mtr24	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.012	-54.2	0.006	125.8	0.006	125.8	0.006	0.006	0.000		
Mtr25	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.012	-54.2	0.006	125.8	0.006	125.8	0.006	0.006	0.000		
Mtr26	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.012	-54.2	0.006	125.8	0.006	125.8	0.006	0.006	0.000		

Tabel 9. Hasil simulasi arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada bus 32

Contribution		Line-To-Ground Fault															
		% Voltage at From Bus								Current at From Bus (kA)							
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic			Sequence Current (kA)		
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1	I2	I0	
Bus32	Total	0.00	0.0	86.60	-90.1	86.61	90.1	38.345	-83.3	0.000	0.0	0.000	0.0	12.782	12.782	12.782	
Bus4	Bus32	2.79	-19.1	86.15	-90.9	87.08	90.9	3.047	-64.5	1.524	115.5	1.524	115.5	1.524	1.524	0.000	
Bus24	Bus32	49.99	89.8	100.00	-90.0	50.01	90.2	35.472	-84.9	1.524	-64.5	1.524	-64.5	11.349	11.349	12.782	

3.5 Analisa Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ke Tanah

Terjadinya hubung singkat dua fasa ke tanah karena kedua fasa terhubung ke tanah secara bersamaan. Tujuan simulasi adalah untuk mengetahui nilai arus hubung singkat dua fasa ke tanah. *Software* ETAP 12.6 digunakan untuk mensimulasikan rangkaian hubung singkat dengan nilai maksimum pada bus yang mengalami gangguan dihitung setelah 1/2 siklus (*1/2 cycle*). Simulasi dilakukan dengan menempatkan tiga titik gangguan hubung singkat yang berada pada bus 4, bus 10 dan bus 32. Laporan hasil hubung singkat dua fasa ke tanah pada bus 4, bus 10 dan bus 32 ditampilkan pada tabel 10, tabel 11 dan tabel 12. Bus 4 terletak diantara

pembangkit dan beban dengan besar arus mencapai 24.536 kA, bus 10 dekat dengan beban besar arus mencapai 5.656 kA, sedangkan bus 32 teletak dekat dengan sumber pembangkit dengan besar arus mencapai 44.225 kA. Hasil laporan dari ketiga tabel tersebut yang paling besar arusnya adalah teletak pada bus 32 dengan besar arus 44.225 kA.

Tabel 10. Hasil simulasi arus hubung singkat dua fasa ke tanah pada bus 4

Contribution		Line-To-Line-To-Ground Fault														
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)								
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		Sequence Current (kA)		
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1	I2	I0
Bus4	Total	71.31	-10.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	28.634	153.9	24.536	59.9	17.274	5.353	12.121
Bus25	Bus4	71.31	-10.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus40	Bus4	85.32	-12.0	25.07	-137.2	22.97	77.0	1.378	-54.8	2.420	-170.0	2.218	44.2	1.963	0.608	0.000
Bus8	Bus4	74.56	-12.0	7.18	-163.4	6.58	50.8	0.310	-62.6	0.545	-177.7	0.499	36.5	0.442	0.137	0.000
Bus11	Bus4	71.31	-10.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus6	Bus4	71.31	-10.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus7	Bus4	71.31	-10.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
Bus32	Bus4	56.92	-12.5	36.89	-169.5	26.98	135.2	1.685	123.7	26.251	150.3	21.957	62.0	14.934	4.628	12.121

Tabel 11. Hasil simulasi arus hubung singkat dua fasa ke tanah pada bus 10

Contribution		Line-To-Line-To-Ground Fault														
		% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)		
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic				
		From Bus ID	To Bus ID	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1
Bus10	Total	114.69	-1.7	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	6.043	-142.4	5.656	82.1	3.864	2.390	1.480
Bus8	Bus10	113.42	-1.6	8.91	-141.0	7.83	99.5	0.021	128.0	5.968	-142.2	5.600	82.6	3.816	2.361	1.480
Mtr23	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.005	-52.0	0.019	-155.0	0.019	40.5	0.013	0.008	0.000
Mtr24	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.005	-52.0	0.019	-155.0	0.019	40.5	0.013	0.008	0.000
Mtr25	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.005	-52.0	0.019	-155.0	0.019	40.5	0.013	0.008	0.000
Mtr26	Bus10	100.00	0.0	100.00	-120.0	100.00	120.0	0.005	-52.0	0.019	-155.0	0.019	40.5	0.013	0.008	0.000

Tabel 12. Hasil simulasi arus hubung singkat dua fasa ke tanah pada bus 32

Contribution		Line-To-Line-To-Ground Fault														
		% Voltage at From Bus								Current at From Bus (kA)						
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		Sequence Current (kA)		
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1	I2	I0
Bus32	Total	0.33	-4.6	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	44.231	126.8	44.225	66.7	25.549	0.028	25.521
Bus4	Bus32	3.11	-17.6	2.79	-139.0	2.79	100.9	3.042	-64.5	3.048	175.5	3.047	55.4	3.046	0.003	0.000
Bus24	Bus32	0.28	4.7	0.10	-97.1	0.28	164.5	3.042	115.5	42.283	123.7	41.241	67.5	22.686	0.025	25.521

3.6 Hasil Perhitungan Manual Arus Hubung Singkat

Perhitungan manual dan simulasi ETAP 12.6 digunakan untuk membandingkan hasil dari analisa hubung singkat. Data impedansi adalah salah satu data yang dilakukan untuk mencari perhitungan secara manual. Data-data impedansi dapat diambil dari hasil laporan yang ada di *software* ETAP 12.6. Dari analisa hubung singkat ada nilai impedansi yang berbeda dari setiap bus. Hasil laporan nilai impedansi yang didapat dari ETAP 12.6 ditampilkan pada Tabel 13. Perhitungan hubung singkat dilakukan

pada bus 32 yang mempunyai sumber tegangan 0.4 kV. Terjadi impedansi timbal balik nol pada bus 32 dalam simulasi hubung singkat dua fasa ke tanah, sehingga terjadi kesulitan dalam perhitungan manual. Perlu adanya perubahan metode perhitungan dengan menggunakan impedansi urutan positif.

Tabel 13. Hasil simulasi nilai impedansi yang didapat dari ETAP 12.6

Bus		Positive Sequence Imp. (ohm)			Negative Sequence Imp. (ohm)			Zero Sequence Imp. (ohm)		
ID	kV	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance
Bus32	0.400	0.00106	0.00897	0.00903	0.00106	0.00897	0.00903	0.00000	0.00001	0.00001

1) Perhitungan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa

Perhitungan hubung singkat tiga fasa dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{\alpha} = \frac{E_{\alpha}}{Z_1}$$

Dengan nilai :

$$E_{\alpha} = \frac{v}{\sqrt{3}} = \frac{0.4}{\sqrt{3}} = 0.2309 \text{ kV}$$

$$Z_1 = 0.00106 + j0.00897\Omega \quad (1)$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} I_{\alpha} &= \frac{0.2309}{0.00106 + j0.00897} \\ &= \frac{0.2309 \angle 0^{\circ}}{0.00106 \angle 83.26^{\circ}} \\ &= 25.564959 \angle -83.26^{\circ} \text{ kA} \end{aligned}$$

2) Perhitungan Arus Hubung Singkat Antar Fasa

Perhitungan hubung singkat antar fasa dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{\alpha 1} = \frac{E_{\alpha}}{Z_1 + Z_2}$$

Dengan nilai :

$$I_{\alpha} = 0$$

$$I_b = -I_c$$

$$I_{\alpha 0} = 0$$

$$I_{\alpha 1} = -I_{\alpha 2}$$

$$E_{\alpha} = \frac{v}{\sqrt{3}} = \frac{0.4}{\sqrt{3}} = 0.2309 \text{ kV}$$

$$Z_1 = 0.00106 + j0.00897\Omega$$

$$Z_2 = 0.00106 + j0.00897\Omega$$

$$Z_{total} = 0.00212 + j0.01794\Omega \quad (2)$$

Sehingga :

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_{total}} = \frac{0.2309}{0.00212 + j0.01749} = \frac{0.2309 \angle 0^\circ}{0.018065 \angle 83.26^\circ} = 12.7816622 \angle -83.26^\circ$$

$$\begin{aligned} I_b &= I_{a0} + a^2 \cdot I_{a1} + a \cdot I_{a2} \\ &= 0 + (1 \angle 240^\circ)(12.7816622 \angle 0^\circ) + (1 \angle 120^\circ)(-12.7816622 \angle 0^\circ) \\ &= (12.7816622 \angle 240^\circ) + (-12.7816622 \angle 120^\circ) \\ &= 22.138486 \angle -90^\circ \text{ kA} \end{aligned}$$

3) Perhitungan Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Perhitungan hubung singkat satu fasa ke tanah dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_a = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Dimana nilai :

$$I_a = 3 \cdot I_{a1}$$

$$I_a = 0 \text{ dan } I_c = 0$$

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0}$$

$$E_a = \frac{v}{\sqrt{3}} = \frac{0.4}{\sqrt{3}} = 0.2309 \text{ kV}$$

$$Z_1 = 0.00106 + j0.00897\Omega$$

$$Z_2 = 0.00106 + j0.00897\Omega$$

$$Z_0 = 0 + j0.00001\Omega$$

$$Z_{total} = 0.00212 + j0.001795\Omega \quad (3)$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} I_{a1} &= \frac{E_a}{Z_{total}} \\ &= \frac{0.2309}{0.00212 + j0.01795} = \frac{0.2309 \angle 0^\circ}{0.018075 \angle 83.26^\circ} = 12.77455 \angle -83.26^\circ \\ &= 3 \times 12.77455 \angle -83.26^\circ = 38.32365 \angle -83.26^\circ \text{ kA} \end{aligned}$$

4) Perhitungan Arus Hubung Singkat Dua Fasa Ke Tanah

Perhitungan hubung singkat dua fasa ke tanah dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + \frac{Z_0 Z_2}{Z_0 + Z_2}}$$

$$I_{a0} = \frac{I_{a1} Z_1 - E_a}{Z_0}$$

$$I_{a2} = \frac{I_{a1} Z_1 - E_a}{Z_2}$$

Dimana nilai :

$$I_a = 0$$

$$E_a = \frac{v}{\sqrt{3}} = \frac{0.4}{\sqrt{3}} = 0.2309 \text{ kV}$$

$$Z_1 = 0.00106 + j0.00897 \Omega$$

$$Z_2 = 0.00106 + j0.00897\Omega \quad (4)$$

$$Z_0 = 0 + j0.00001\Omega$$

$$Z_1 + Z_0 // Z_2 = 0.04074 + j0.0 = 0.047074 \angle 153.79^\circ$$

Sehingga :

$$I_{a1} = \frac{0.2309}{0.04074 + j0.0} = \frac{0.2309 \angle 0^\circ}{0.04074 \angle 153.79^\circ} = 5.667649 \angle -153.79^\circ$$

$$I_{a2} = \frac{((5.667649 \angle -153.79^\circ)(0.009032 \angle 83.26^\circ) - 0.2309 \angle 0^\circ)}{(0.009032 \angle 83.26^\circ)} \\ = \frac{0.2192 \angle -167.28^\circ}{0.009032 \angle 83.26^\circ} = 24.269 \angle -250.54^\circ$$

$$I_{a0} = \frac{((5.667649 \angle -153.79^\circ)(0.009032 \angle 83.26^\circ) - 0.2309 \angle 0^\circ)}{0.00106 + j0.00897} \\ = \frac{0.05119 \angle -70.53^\circ - 0.2309 \angle 0^\circ}{0.009032 \angle 83.26^\circ} = \frac{0.219345 \angle -167.559^\circ}{0.009032 \angle 83.26^\circ} = 24.28531 \angle -250.81^\circ \text{ kA}$$

$$I_b = I_{a0} + a^2 \cdot I_{a1} + a \cdot I_{a2} \\ = 24.2853 \angle -250.81^\circ + (1 \angle 240^\circ)(5.667649 \angle -153.79^\circ) + \\ (1 \angle 120^\circ)(24.269 \angle -250.54^\circ) \\ = 24.2853 \angle -250.81^\circ + 5.667649 \angle 86.21^\circ + (24.269 \angle 130.54^\circ) \\ = 25.48644 \angle 156.53^\circ \text{ kA}$$

$$I_c = I_{a0} + a \cdot I_{a1} + a^2 \cdot I_{a2} \\ = 24.2853 \angle -250.81^\circ + (1 \angle 120^\circ)(5.667649 \angle -153.79^\circ) + (1 \angle 240^\circ)(24.269 \angle -250.54^\circ) \\ = 20.053264 + j0.0 + 24.269 + j0.0 \\ = 44.322264 + j0.0 = 44.322264 \angle 0^\circ \text{ kA}$$

3.7 Hasil Perbandingan Arus Hubung Singkat Simulasi dengan Manual

Hasil perbandingan hitung manual arus hubung singkat terdapat pada bus 32, yaitu terdiri dari tiga fasa, antarfasa, satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah. Dari hasil simulasi tersebut terdapat nilai yang berbeda-beda. Hasil simulasi dari *software* ETAP 12.6 akan dibandingkan dengan hasil hitung manual yang memakai persamaan rumus tersebut. Pada tabel 14 akan ditampilkan selisih dari hasil hitung menggunakan simulasi *software* ETAP 12.6 dan hitung secara manual.

Tabel 14. Selisih hitung manual dan hasil simulasi ETAP 12.6

Jenis Gangguan	Hasil Perbandingan		Selisih Manual-Simulasi (kA)
	Hitung Manual (kA)	Simulasi (kA)	
Tiga Fasa	25.564959	25.577	0.012041
Antar Fasa	22.138486	22.151	0.012514
Satu Fasa Ke Tanah	38.32365	38.345	0.02135
Dua Fasa Ke Tanah	44.32264	44.225	0.09764

4. PENUTUP

Hasil analisa gangguan hubung singkat pada pusat penampung produksi Menggung Pertamina Asset IV field Cepu yang menggunakan metode ETAP 12.6 mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 4.1 Hubungsingkattigafasa, antar fasa, satu fasa ke tanah, dan dua fasa ke tanah mempunyai besar arus hubung singkat yang berbeda-beda.
- 4.2 Dari keempat jenis gangguan besar arus yang paling besar ditujukan pada gangguan dua fasa ke tanah dengan besar arus 44.225 kA, satu fasa ke tanah dengan besar arus 38.345 kA, antar fasa dengan besar arus 22.151 kA, dan tiga fasa 25.577 kA. Jadi gangguan yang paling besar arusnya terletak pada hubung singkat dua fasa ke tanah.
- 4.3 Lokasi gangguan hubung singkat juga mempengaruhi besar arus hubung singkat. Semakin dekat dengan sumber pembangkit semakin besar arus hubung singkat tersebut.
- 4.4 Dari hasil kesimpulan perhitungan manual dengan simulasi terdapat selisih pembulatan angka desimal.

PERSANTUNAN

Rifqi Yurid Irsyadillah mengucapkan terima kasih kepada pihak semuanya yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

1. ALLAH SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan hidayah.
2. Kedua orang tua tersayang yang telah mendo'akan dan memberi dukungan untuk mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Umar S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Agus Supardi, S.T., M.T selaku dosen pembimbing.
5. Semua Dosen Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
6. Teman-teman Elektro Angkatan 2014 terutama Mas Juri Efendi yang telah memberikan semangat dan motivasi yang sangat membantu.
7. Indah Raficha Dewi orang yang selalu menyemangati, mendo'akan dan memberikan support dengan penuh keikhlasan membantu penulis mengerjakan tugas akhir.
8. Semua pihak lain yang penulis tidak dapat dicantumkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuan do'a.

DAFTAR PUSTAKA

- Fan, Chonju. 2015. Short-circuit current calculation method for partial coupling transmission lines under different voltage levels. *Journal Electrical Power and Energy Systems* 647-654
- Hussain ,N,H .2012. Alternative conception about Open and Short Circuit Concepts Volume 56, pages 466-473
- Kamel, S, 2017, Short Circuit Current and Voltage Stability Analysis of a Realistic Generation System Using Current and SVC
- Kholis, Ikhwannul. “Analisis Gangguan Hubung Singkat” 12 Desember 2013. <https://ikkholis27.wordpress.com/2013/11/12/analisis-gangguan-hubungan-singkat/>
- Nasrat , L, 2017. Short Circuit Current and Voltage Stability Analysis of a Realistic Generation System Using Current and SVC
- Youssef karim hasan., abouelenin fathymabrouk. 2016. Analysis of simultaneous unbalanced short circuit and open conductor fault in power systems with untransposed line and six-phase sections. *Journal Alexandria Engineering*